

Kamenité sutě a skalní stěny – biotopy významné pro biodiverzitu

O mikroklimatických podmínkách v kamenitých sutích a na skalních stěnách i o bezobratlých živočiších, kteří tato stanoviště osidlují, máme stále nedosta- tečné informace, hlavně kvůli technickým obtížím při sběru dat – výzkum v kamenitých sutích nemá daleko do práce v kamenolomu, při výzkumu skal- ních stěn je zase třeba používat horolezeckou nebo jeskyňářskou techniku. Přes- tože jsou tyto biotopy zařazeny např. v „habitatové direktivě“ (Směrnice Rady č. 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť), v mnohých soupisech biotopů jsou uvažovány pouze horské skály a sutě, skály a sutě nižších poloh jsou přehlíženy. A přece přinesl výzkum kamenitých sutí u nás mnoho nových poznatků: o klimaticky diametrálně odlišných mikrobiotopech existujících v těsné blízkosti, o mnoha druzích bezobratlých živočichů nových pro území České republiky i o druzích nových pro vědu (Živa 1990, 5: 217–220). Výzkum pak přinesl zjištění, že se mnohé druhy považované za vzácné obyvatele skalních stěpí ve skutečnosti docela hojně vyskytují právě na skalních stěnách. Pukliny stěn se sporou vegetací hostí např. druhy dravých roztočů, které jinde nenajdeme.

Přírodní rezervace Klíč

Klíč (760 m n. m.) je z dálky viditelná ná- padná hora vzhledu pyramidy (obr. 1). Je dominantou jižního cípu Lužických hor. Vypíná se nad obcí Svor nedaleko Nového Boru a Cvikova. Území je budováno svrchnokřídovými pískovci, ovšem nápadné kra- jinné dominanty tvoří třetihorní vulkani- ty. Průměrná celoroční teplota území se

pohybuje mezi 6 a 7 °C, průměrná červen- cová teplota mezi 15 a 16 °C. Na úpatí zněl- cového Klíče roste květnatá bučina, pod vrcholem nalezneme jednu z našich nej- výše položených teplomilných doubrav. Na skalách rostou vzácné druhy rostlin – hvězdnice alpská (*Aster alpinus*) a kapra- dinka skalní (*Woodsia ilvensis*). Klíč je pří- rodní rezervací.



Celý jihozápadní kvadrant hory obepí- ná nad vrstevnicí ve výšce 600 m n. m. mrazový srub – téměř svislá skalní stě- na vysoká až 60 m. Pod ní se rozkládá suťové pole o svahovém úhlu asi 35°, vytvořené z kamenů o velikosti 40–80 cm. Kamenitá suť je zcela holá, pouze na dol- ním okraji, v nejspodnějším cípu ve výšce 540 m n. m., jsou porosty mechů a lišej- níků. Ve spodní části suťového pole byl v červnu 2001 proveden geofyzikální prů- zkum. Hloubka nezazemněné vrstvy ka- menů byla určena asi na 10 m a v hloubce byly detekovány okrsky zaplněné pravdě- podobně ledem.

V průběhu let 1989–2001 jsme postup- ně získávali materiál pavoukvců sběrem v suťovém poli a na skalní stěně. Od r. 1999 sledujeme na Klíči chod teploty v suti asi v půlmetrové hloubce na spod- ním okraji a v některých letech i ve střed- ní části suťového pole. Na kontrolním sta- novišti zaznamenáváme průběh vnější atmosférické teploty.

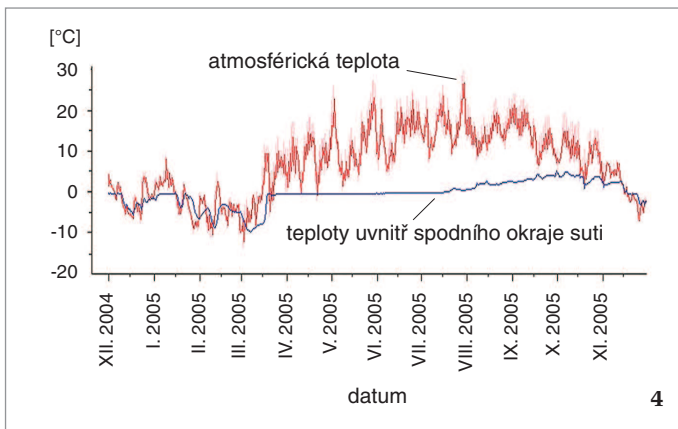
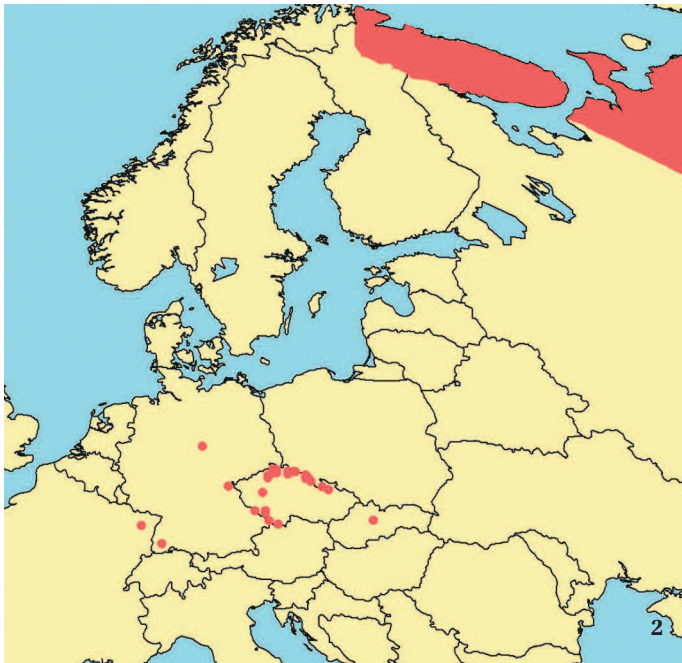
Rozmanitost mikroklimatu – vyhřáté skály, nezamrzající suť a „permafrost“

Na horních okrajích skal jsme sice teplot- ní měření neprováděli, ale můžeme před- pokládat, že průběh teploty zde přibližně kopíruje změny teploty na kontrolním stanovišti. Znělec má ovšem tendenci se za slunečního svitu přehřívat, řadíme jej k tzv. vyhřevným horninám. Za sluneč- ných letních dnů teplota povrchu znělco- vých balvanů běžně vystupuje k 45 °C, průměrná celoroční teplota na horních okrajích skal tedy bude jistě vyšší než průměrná celoroční teplota okolí.

Teplota uvnitř suti ve střední části suťo- vého pole sleduje přibližně chod vněj- ší atmosférické teploty, ovšem v menším rozsahu hodnot. Kamenitá suť je porézní médium, funguje jako výborný izolant, ale i tepelný výměník. V zimním období roku, zejména za ledových dnů, kdy do hloubi suti stéká ochlazený vzduch zvnějšku, stoupá relativně teplý vzduch z vnitřních meziprostor sutí vzhůru. V té době můžeme na tenké sněhové pokrýv- ce ve středních a horních partiích suti pozorovat okrsky tajícího sněhu a ze suti viditelně stoupá pára. Tyto partie ka- menitých sutí tak prakticky nezamrzají (tab. 1). Např. v r. 2000 jsme naměřili na Klíči průměrnou lednovou atmosférickou teplotu -3,3 °C, zatímco ve středu suťo- vého pole jen -0,1 °C. A když lednová atmosférická teplota poklesla na -13 °C, dosahovaly exhalace vzduchu mezi balva- ny ve středu suťového pole teploty -0,1 °C. Průměrná celoroční teplota těchto vnitř- ních prostor suti bude tedy vyšší než v jejím okolí.

Naprosto autonomní mikroklima panu- je na dolním okraji suti (obr. 4). Do tohoto prostoru stéká jako do trychtýře chladný vzduch, který se shromažďuje (a mezi kameny, kam nezasahuje vítr, je praktic- ky uzavřen) v celé suti nad tímto místem.

1 Přírodní rezervace Klíč je vrch s vý- razným mrazovým srubem a rozsáhlým suťovým polem. V těchto biotopech se vytváří specifické mikroklima umožňují- cí výskyt specifických druhů bezobrat- lých živočichů. Foto M. Zacharda



Tab. 1 Průměrná, maximální a minimální teplota vnějšího prostředí a teplota vnitřní atmosféry ve střední části a na dolním okraji suťového pole na lokalitě Klíč v období astronomické zimy let 1999–2000 a v průběhu let 2004–05 a 2005–06

Období	Teplota ovzduší			Střed suti			Dolní okraj suti		
	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.	Min.
21. 12. 1999– 21. 3. 2000	-1,4	8,4	-12,9	0,3	5,8	-2,7	-2,1	-0,1	-8,2
30. 11. 2004– 29. 11. 2005	6,8	29,4	-13,9	–	–	–	0,1	5,1	-9,9
30. 11. 2005– 29. 11. 2006	7,2	30,6	-20,7	–	–	–	0,5	8	-14,8

2 Evropské rozšíření plachetnatky *Bathyphantes eumenis* (areál zasahuje až k východnímu pobřeží Sibíře). Tento pavouk, vyskytující se v boreální zóně na nejružnějších vlhkých stanovištích, obývá ve střední Evropě výhradně kamenité suti či pískovcová skalní města.

3 Areál rozšíření mysmeny *Trogloneta granulum*. Tento pavouk žije v hlubších, stále vlhkých vrstvách kamenitých sutí, občas byl nalezen v jeskyních.

4 Obě mapy orig. V. Růžičky
4 Celoroční průběh atmosférické teploty (červená) a teploty uvnitř spodního okraje suti (modrá) v období od 30. 11. 2004 do 30. 11. 2005 na lokalitě Klíč

5 Samička mysmeny *T. granulum* se svým kokonem

6 Skalovka *Gnaphosa bicolor* má na Klíči jeden z nejvýše položených výskytů v ČR.

Při každé mrazové epizodě se hlubší vnitřní prostory suti téměř ihned zalijí ledovým vzduchem, který prochlazuje balvany matečné horniny pod bod mrazu a voda mrzne v led. Tak během všech mrazových epizod v zimě vnitřní prostředí suti promrzá a na jaře se při tání povrchového sněhu a deštích plní ledem ze zatékající vody. Během jara a léta, zcela bez ohledu na momentální změny vnějšího klimatu, se v hloubce suti udržuje teplota blízko bodu tání. Spotřebovované skupenské teplo tání při přechodu ledu ve vodu nedovoluje vzestup teploty nad 0 °C a jejímu vzestupu brání i ohromná masa horniny podchlazené v zimním období pod 0 °C. Za této situace, trvající téměř po celou vegetační sezónu, prochlazený vzduch zvolna stéká suti dolů a na dolním okraji, v velmi omezeném prostoru, vyvěrá mezi

kameny. Nehluboko pod povrchem v těchto místech teplota po celý rok nevystoupí nad 5–7 °C. Průměrná celoroční teplota je zde o 6–7 °C nižší než v okolí, průměrná teplota v červenci je zde o 12–13 °C nižší než v okolí. Pouze na podzim teplota ve spodní části suti stoupne nad 0 °C, ale nepřesáhne 5–8 °C a tento stav trvá nejvýše jen několik týdnů do nového příchodu mrazu. Tak se na dolním okraji suti formuje úzký pruh kamenitého povrchu pokrytého pouze mechy a lišejníky, kde panují zcela mimořádné poměry této teplotní anomálie (tab. 1). Teplota povrchu mechových polštářů nepřesahuje ani v horším letním období 5–8 °C.

Teplotu měříme v hloubce asi půl metru na úpatí suťového pole, nevíme tedy, jaké jsou podmínky v hloubce 5–10 m. O poměrech v takové hloubce pod blokovou

sutí však máme informace z jiné lokality, z ledové jeskyně Naděje, která se nachází na znělcovém Suchém vrchu pouhých 6 km od Klíče směrem na severovýchod. Jeskyně je puklinou v masivu překrytou blokovou sutí; chladný vzduch shromažďující se v suťovém poli do pukliny zatéká. Koncová část jeskyně byla po desetiletí trvale zaledněna. Přestože v současnosti podlahový led odtál, udržuje se teplota půdy v některých místech trvale pod nulou. Při rozloze suťového pole na Klíči tak můžeme předpokládat, že v hloubce suti jsou rovněž místa s trvale zmrzlým prostředím – tedy permafrost, nebo alespoň tzv. intergelisol či pereletok, tj. substrát, který přinejmenším několik let po sobě vůbec nerozmrzá.

Rozmanitost bezobratlých – teplomilné druhy a glaciální relikty

Nemysleme na jakékoli indexy rozmanitosti (diverzity), to jsou pouhá čísla. K jejich spočtení bychom mohli druhy organismů (pokud je rozeznáme) pouze očíslovat, nemuseli bychom je vůbec znát jmény. Založme raději hodnocení lokality na našich znalostech druhů, hledejme rozmanitost jejich ekologických nároků a geografického původu.

Pro osluněné okraje skal, kde jsme zjistili výskyt 30 druhů pavouků z 10 čeledí, jsou charakteristické druhy, které mají těžiště svého výskytu na velmi suchých a suchých stanovištích termofytika a mezofytika (viz též Živa 2000, 4: 177–179). Skálovku *Drassodes lapidosus* najdeme pod kameny skoro na všech xerothermních stanovištích. Početnější nálezy skálovky *Gnaphosa bicolor* (obr. 6) však známe pouze z Křivoklátska a Českého středohoří. Výskyt skálovky *Zelotes puritanus* u nás byl prvně zjištěn r. 1966 v NPR Koda v Českém krasu a druh byl dokonce podle místa nálezu popsán jako *Z. kodaensis* (dnes je toto jméno mladším synonymem). I po nálezech na Křivoklátsku byl považován za typického obyvatele skalních stepí a dalších xerothermních stanovišť středních Čech. Až objevy na skalách, včetně znělcových skal na Klíči a dokonce i pískovcových skal Českého Švýcarska, ozřejmily, že se tento druh přednostně vyskytuje právě na skalních stěnách. Pro 6 druhů pavouků je Klíč jedním ze tří míst s nejvyšší položeným výskytem v České republice. Např. naprostá většina nálezů skákavky člunkové (*Evarcha laetabunda*, obr. 7) pochází ze středních Čech a jižní Moravy.

Pro střední a horní část suťového pole, kde jsme našli 18 druhů pavouků z 9 čeledí, je charakteristický výskyt druhů, které převážně pobývají na středně vlhkých stanovištích mezofytika. Třetina druhů jsou výhradní obyvatelé kamenitých sutí či suťových lesů. Pozoruhodná je skupina tří druhů, které mají centrum svého rozšíření v alpské oblasti a směrem k severu se vyskytují pouze na ojedinelých lokalitách. Ve středoevropské literatuře označujeme tento typ rozšíření jako dealpinský. Snovačka *Rugathodes bellicosus* zasahuje svým rozšířením až do Skandinávie, ale plachetnatka dýkovitá (*Lepthyphantes notabilis*) a mysmena *Trogloneta granulum* (obr. 3 a 5) byly nejdále směrem k severu nalezeny ve středním Německu.



Na spodním okraji suti jsme zjistili 10 druhů pavouků z jediné čeledi plachetnatkovitých (*Linyphiidae*) s preferencí vlhkých stanovišť oreofytika. Čeď plachetnatkovitých je sice rozšířena po celém světě, ale jako jediná z více než sta pavoučích čeledí má centrum druhového bohatství v temperátní a boreální zóně severní polokoule. V polárních oblastech, např. v Zemi Františka Josefa, již z pavouků žijí pouze zástupci této čeledi. Dva z nalezených druhů řadíme ke glaciálním relikům – druhům, které mají hlavní areál svého rozšíření v boreální zóně a v temperátní zóně se vyskytují pouze ostrůvkovitě. Pavučenka *Diplocentria bidentata* osidluje ve svém hlavním areálu v severských lesích mechové porosty. Na našem území se vyskytuje v mechových porostech v nejvyšších polohách či v inverzních údolích Krkonoš a Šumavy, v inverzních roklích pískovcových skalních měst severovýchodních Čech a na dolních okrajích podmrzajících kamenitých sutí, kde se po celý rok udržuje mimořádně chladné mikroklima. Plachetnatka *Bathypantes eumenis* patří na Sibiři k eurytopním druhům – osidluje široké spektrum vlhkých stanovišť v detritu a pod kameny, od přeplavovaných luk přes březové a vrbové lesíky po suťové svahy a horskou tundru. Ve střední Evropě však vyhledává výhradně vlhký povrch kamenů a skal; v nominátní pigmentované formě se vyskytuje v omezené oblasti pískovcových skalních měst na pomezí Čech a Polska, v depigmentované formě pak v kamenitých sutích přibližně v oblasti mezi pohorími Vogézy, Harz a Nízké Tatry (obr. 2). Na Klíči jsme zaznamenali výskyt tohoto druhu na dolním okraji suti nehluboko pod povrchem, ve střední části suťového pole pak v hloubce alespoň 1 m pod povrchem.

V nejméně chladnějším místě na dolním okraji suťového pole jsme zjistili populaci dravého severského roztoče *Rhagidia gelida*, náležejícího rovněž mezi glaciální relikty. Tento roztoč je znám z oblastí nad severním polárním kruhem (Špicberky, Medvědí ostrov, ústí řeky Jeniseje, Aljaška). Ve střední Evropě byl zaznamenán

7 Skákavka člunková (*Evarcha laetabunda*) má na Klíči jeden ze svých nejvyšší položených výskytů v České republice. Snímky R. Macka, pokud není uvedeno jinak

pouze na hřebenech Krkonoš a Králického Sněžníku, v pískovcových skalách Broumovska a na dolních okrajích podmrzajících kamenitých sutí.

Výše zmíněné tři chladnomilné druhy jsou jak zde na Klíči, tak na dalších podmrzajících kamenitých sutích i v chladných prostorách pískovcových skalních měst doprovázeny středoevropskou horskou plachetnatkou *Anguliphantes triparitus*.

Závěr

Současný výskyt druhů charakteristických pro různé geografické oblasti a s tak diametrálně protichůdnými ekologickými nároky na jediné lokalitě je pozoruhodným jevem a dokládá jak velký význam lokality samé, tak v – širším kontextu – i velký význam zkoumaných biotopů pro ochranu biodiverzity. Skály a hlavně kamenité sutě mohou hostit druhy bezobratlých, které se v jiných biotopech téměř nevyskytují. V kamenitých sutích se může v teplotním gradientu mezi povrchem a hloubkou a horním a dolním okrajem suti vytvářet pestrá mozaika míst s nejrůznějšími mikroklimatickými poměry. Podmrzající kamenité sutě v relativně nízkých nadmořských výškách, na jejichž dolním okraji existuje pás studené periglaciálního mikroklimatu, představují refugia, kde přežívají izolované populace chladnomilných druhů z období přelomu posledního glaciálu a časného postglaciálu i horské chladnomilné druhy. Naopak skalní stěny představují v krajině velmi teplá stanoviště a hostí teplomilné druhy bezobratlých živočichů ve vyšších nadmořských výškách. Oba tyto biotopy jsou proto významné pro celkovou rozmanitost krajiny.

Výzkum byl financován z grantu GA ČR 205/06/1236.